

**ТУРБИНА С ДРОССЕЛИРОВАНИЕМ ПОТОКА  
ГАЗА НА ВХОДЕ**

**TURBINE WITH THROTTLE GAS FLOW AT THE INLET**

**Г. М. Кухаренок<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф.,  
**А. В. Предко<sup>2</sup>**, мл. научн. сотр., **Д. В. Гаркуша<sup>1</sup>**, магистрант,  
<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет,  
<sup>2</sup>ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный  
завод», г. Минск, Беларусь  
H. Kukharonak<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
A. Predko<sup>2</sup>, junior researcher, D. Harkusha<sup>1</sup>, Master's Degree Student,  
<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus  
<sup>2</sup>OJSC «Minsk Motor Plant» Holding Mangement Company,  
Minsk, Belarus

*В работе рассматривается центробежная турбина с двойным спиральным конфузором и дросселированием газов на входе, принципы работы предлагаемой конструкции, подходы и численные исследования с использованием методов вычислительной гидродинамики (CFD). Численное моделирование показало, что дросселирование газов на входе в турбину является эффективным методом регулирования производительности турбины и может быть реализовано в турбокомпрессорах малоразмерных дизелей.*

*The paper considers a centrifugal turbine with a double spiral confuser and gas throttling at the inlet, the operating principles of the proposed design, approaches and numerical studies using computational fluid dynamics (CFD) methods. Numerical modeling has shown that throttling of gases at the turbine inlet is an effective method for regulating turbine performance and can be implemented in turbocharger of small diesel engines.*

*Ключевые слова: автомобильный транспорт, биотопливо, топливный элемент, водород.*

*Key words: automotive transport, biofuels, fuel cell, hydrogen.*

## ВВЕДЕНИЕ

Современные дизели, соответствующие жестким экологическим требованиям норм Евро-5 и Евро-6, немислимы без применения регулируемого турбонаддува.

Одним из методов регулирования наддува малоразмерных дизелей можно считать дросселирование газов на входе турбины. Принцип регулирования основан на изменении проходного сечения улитки конфузора путем изменения проходного сечения каналов 2 и 3 при перемещении заслонки 4 (рисунок 1). При небольших частотах вращения коленчатого вала или малых нагрузках на двигатель открыт только канал 2. Малое поперечное сечение обеспечивает высокую скорость отработавших газов на выходе из улитки и как следствие высокую частоту вращения колеса газовой турбины 1. При достижении желаемого давления наддува регулирующая задвижка 4 плавно открывает канал 3, скорость течения газов, а вместе с тем частота вращения колеса турбины и давление наддува уменьшаются.

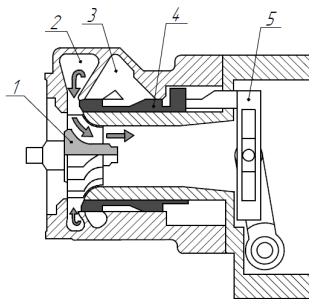


Рисунок 1 – Турбина с дросселированием потока газа

Существование данного способа регулирования давления наддува хоть и упоминается в зарубежной литературе [4] и некоторых переведенных на русский язык источников [2], но описан он недостаточно подробно, а также не известно о реальных примерах использования такой турбины, не говоря уже о серийном применении, что послужило поводом к более детальному изучению турбины с дросселированием потока газа, созданию объемной модели, про-

ведению компьютерного моделирования параметров течения газа и его дальнейшего анализа.

### 3D МОДЕЛЬ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Разработана 3D твердотельная модель радиальной турбины, состоящая из корпуса с двумя спиральными конфузорами, рабочего колеса и механизма дросселирования потока.

Моделирование газовых потоков проводилось с использованием CFD пакета *Flow Simulation*. Математическая модель и методы постановки граничных условий описаны в [1, 3].

При моделировании потоков в качестве граничных условий задавались давлением и температурой газов на входе в турбину  $P_{вх} = 203480$  Па,  $T_{вх} = 800$  К; на выходе из турбины  $P_{вых} = 101325$  Па,  $T_{вых} = 298$  К (выпуск газов в окружающую среду); частотой вращения рабочего колеса  $n_m = 1000000$  мин<sup>-1</sup>. В качестве переменного параметра принята степень открытия дополнительного конфуза  $L$  %.

3D модель и граничные условия показаны на рисунке 2.

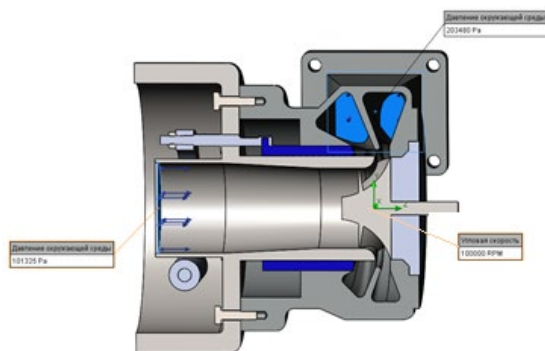


Рисунок 2 – Твердотельная модель турбины с дросселированием газов и граничные условия моделирования

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При численном моделировании основное внимание уделялось газовому потоку на входе в рабочее колесо, а также прогнозировались общий уровень производительности и диапазон регулирования турбины. При перекрытии дополнительного канала, скорость тече-

ния газа в основном конфузоре возрастает и на контрольной поверхности максимальное значение ее достигает 440 м/с. В случае, когда второй канал направляющего аппарата открыт, скорость потока газа падает и не превышает 300 м/с.

В качестве параметров оценки эффективности дросселирования применялись площадь проходного сечения  $F_{сеч}$ , средняя скорость потока на входе в колесо  $V_{ср}$ , плотность газа  $\rho$ , теоретический  $M_m$  и действительный  $M_0$  расходы газа, коэффициент расхода  $\mu$ , эффективное проходное сечение  $\mu F_{сеч}$ . Результаты проведенного моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты моделирования

$L, \%$	$F_{сеч}, \text{м}^2$	$V_{ср}, \text{м/с}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$M_m, \text{кг/с}$	$M_0, \text{кг/с}$	$\mu$	$\mu F_{сеч}, \text{м}^2$
0	0,101	331,8	0,87	0,2901	0,2256	0,77	0,078
20	0,142	238,4	0,87	0,2906	0,2437	0,84	0,117
40	0,176	191,9	0,86	0,2908	0,2529	0,87	0,153
60	0,187	182,1	0,85	0,2911	0,2557	0,88	0,164
80	0,195	175,6	0,85	0,2912	0,2588	0,89	0,173
100	0,201	175,3	0,83	0,2912	0,2612	0,90	0,179

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана 3D твердотельная модель радиальной турбины с дросселированием потока газа на входе, позволяющая определять конструктивные параметры турбины методом компьютерного моделирования.

2. Определены зависимости параметров потока газа на входе в рабочее колесо от степени открытия дополнительного конфузора, позволяющие проводить оценку эффективности дросселирования

3. Рассмотренный принцип регулирования турбины позволяет в достаточном диапазоне изменять скорость газа на входе в колесо, что обеспечивает требуемое давление наддува на всех режимах работы двигателя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алямовский, А. А. «SOLIDWORKS Simulation и FlouEFD. Практика, методология, идеология.» – СПб.:ДМК-Пресс, 2020. – 658 с.

2. Bosch «Системы управления дизельными двигателями» перевод с немецкого. – За рулем, 2006. – 474 с.

3. Jiao K, Sun H, Li X, Wu H, Krivitzky E, Schram T, et al. Numerical simulation of air flow through turbocharger compressors with dual volute design. Appl Energy vol. 86 No. 11, 2009. 2494–2506 с.

4. P. Hoecker, F. Pflüger, Dr. J.W. Jaisle, Dr. S. Münz «Modern turbocharging designs for passenger car diesel engines». – BorgWarner Turbo System, 2017 г. – 16 с.

Представлено 25.03.21

УДК 621.43

**КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ГАЗЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ  
ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

**SEWAGE GASES AND THE STUDY OF THE POSSIBILITY  
AND FEASIBILITY OF THEIR USE**

**Г. А. Вершина**, канд. техн. наук, доц., **О. С. Быстренков**, ст. преп.,  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь  
G. Vershina, Ph.D. in Engineering, Associate professor,  
O. Bystrenkov, Senior Lecturer,  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*В статье рассмотрены основные процессы, применяемые при переработке биомассы и возможность их применения при переработке канализационных отходов. Рассмотрен опыт зарубежных предприятий в данном процессе. Проанализировано и рассчитано количество отходов в год по РБ.*

*The article discusses the main processes used in the processing of biomass and the possibility of their use in the processing of sewage waste. The experience of foreign enterprises in this process is considered. The amount of waste per year in the Republic of Belarus was analyzed and calculated.*